

АНАЛИЗ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ПЛАТИНОРОДИЕВОГО СПЛАВА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛОПЛАВИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Фомин А.А.

Руководитель – профессор, д.т.н. Логинов Ю.Н.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург, unl@mtf.ustu.ru

Использование платины в промышленности обусловлено её уникальными свойствами: сопротивлению высокотемпературной коррозии и окислению в контакте с оксидными материалами при высоких температурах. Одно из важных направлений в промышленности благородных металлов является применение сплавов платины в производстве аппаратуры для изготовления стекловолокна и базальтового волокна. Стеклоплавильный аппарат представляет собой емкость для размещения расплава стекла или базальта, выполненную из тугоплавкого листового материала – платинородиевого сплава. В нижней части аппарата расположено днище, а в нем выполнены отверстия со сложным профилем образующей (рис.1).



Рис.1. Днище стеклоплавильного аппарата с фильерами

С помощью этих отверстий получают стекловолокно. Формообразующий для стекловолокна инструмент принято называть фильерой. В промышленности существуют два способа изготовления фильерного днища: методом листовой штамповки за несколько формообразующих операций либо закреплением отдельно выполненных фильер в заранее подготовленных отверстиях. Цельноштампованные фильерные днища обладают рядом преимуществ, в том числе создается возможность более плотной упаковки фильер на фильерном поле. Вместе с тем, плотная упаковка фильер создает ряд технологических проблем, одна из которых – поддержание симметричного исполнения каждой фильеры с обеспечением необходимой размерной точности. Необходимая форма отверстия обеспечивается при этом направленным пластическим течением металла.

В данной работе представлен анализ напряженно-деформированного состояния на первой стадии листовой штамповки: получения выступов на листовой заготовке. Формование выступов реализуется путем обжима заготовки плитой на матрице с отверстиями. Рассмотрим течение металла вблизи одного отверстия.

Анализ деформированного состояния произведен с помощью пакета прикладных программ ПЛАСТ, разработанного сотрудниками Института технической физики СО РАН А.В.Сокоделовым и Е.А.Ереминым. Этот пакет программ основан на использовании метода конечных элементов. На рис. 2 показано разбиение очага деформации на конечные элементы в процессе получения выступов.

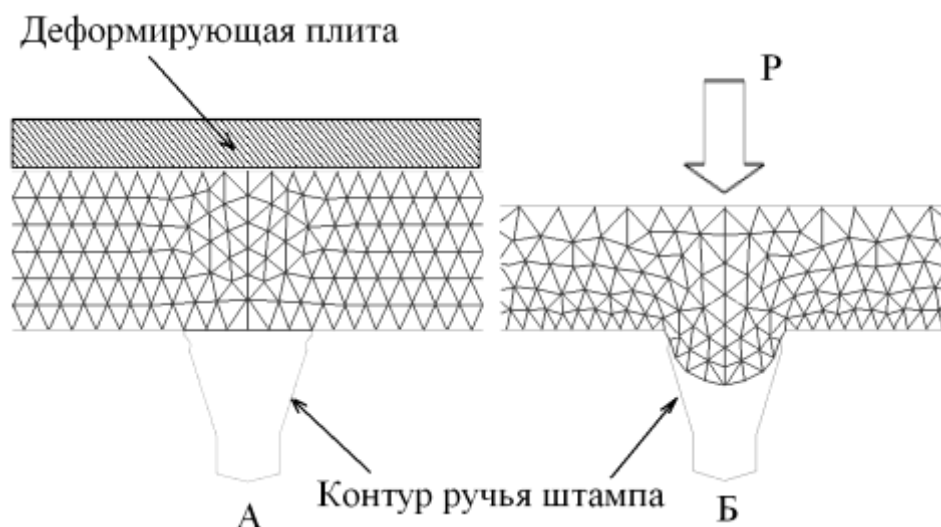


Рис. 2. Сетка конечных элементов в начальном (а) и конечном (б) состояниях

Очаг деформации представлен в виде отрезка полосы, находящейся в осесимметричном состоянии. Нижней границей очага деформации является граница «металл-матрица», скорость перемещения частиц металла вертикально вниз на этой границе равна нулю. Верхняя граница – «металл-плита», граничные условия на ней заданы в перемещениях, плита и частицы, приходящие с ней в контакт, движутся вертикально вниз, скорость перемещения частиц вертикально вверх на границе «плита-полоса» равна нулю. По боковым границам очага реализуется свободное течение металла, действующее внешнее давление равно нулю. На границе контакта материала полосы с матрицей и плитой реализуется скольжение. Условия трения описываются законом Кулона.

Свойства деформируемого металла изотропны. Упругие свойства отражены с помощью модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Для чистой платины они составляют 170 ГПа и 0.37 соответственно. Пластические свойства заданы степенной зависимостью Людвики, которая устанавливает связь

между сопротивлением деформации и степенью деформации в виде $\sigma_s = a + b \cdot \varepsilon^c$, где σ_s - сопротивление деформации, ε - степень деформации, a – предел упругости, b – коэффициент упрочнения, c – показатель упрочнения. Для платины эти величины принимают следующие значения: $a = 100$ МПа, $b = 148$ МПа, $c = 0,573$.

На рис. 3 представлено распределение значений эквивалентной степени деформации по очагу деформации. Полученные данные позволяют проанализировать деформированное состояние металла при формоизменении.



Рис. 3. Распределение значений эквивалентной степени деформации ε (области равного уровня и таблица их значений - справа)

Отображенная картина распределения позволяет, в частности, оценить уровень нагартовки металла по объему. Видно, что наибольшей деформации ($\varepsilon=0,6$) подвержен центральный объем металла, внедряемый в полость штампа. Для нижней свободной поверхности характерен процесс бочкообразования. При этом заполнение конуса ручья штампа оказывается затрудненным: периферийные слои сильно отстают от центральных. Высокий уровень нагартовки достигается также металлом вблизи кромок штампа. Это должно провоцировать износ, в первую очередь, именно этой поверхности инструмента, что и наблюдается на практике.

Выявленные эффекты позволяют лучше понять механизмы деформации платиносодержащего материала и позволяют перейти к следующей стадии исследования – оптимизации формообразующего инструмента.